

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-50615

(P2002-50615A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 21/3065		B 0 1 J 19/08	F 4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		H 0 5 H 1/46	B 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-236716(P2000-236716)

(22) 出願日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71) 出願人 391020986

日本高周波株式会社

神奈川県横浜市緑区中山町1119

(72) 発明者 石井 信雄

大阪府大阪市淀川区宮原4-1-14 東京

エレクトロン株式会社内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

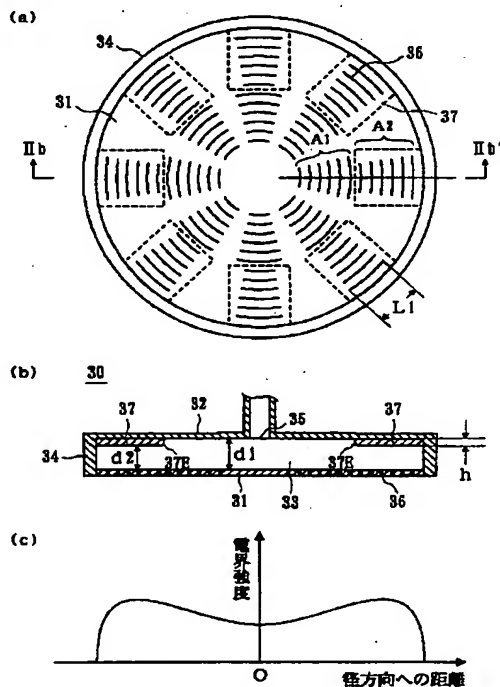
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラジアルアンテナ及びそれを用いたプラズマ装置

(57) 【要約】

【課題】 異常放電を誘起させることなく、所望の電界放射分布を得られるようにする。

【解決手段】 複数のスロット36が形成された第1の導電板31と、マイクロ波導入口35を有し第1の導電板31に対向配置された第2の導電板32と、第1及び第2の導電板31、32の周縁を接続するリング部材34と、第1及び第2の導電板31、32により形成されるラジアル導波路33内の第2の導電板32上に設けられ第1の導電板31までの距離d1、d2を調整する導電性の調整部材37を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のスロットが形成された第1の導電板と、マイクロ波導入口を有し前記第1の導電板に対向配置された第2の導電板と、前記第1及び第2の導電板の周縁を接続するリング部材とを備えたラジアルアンテナにおいて、

前記第1及び第2の導電板により形成されるラジアル導波路内の前記第2の導電板上に設けられ、前記第1の導電板までの距離を調整する導電性の調整部材を備えたことを特徴とするラジアルアンテナ。

【請求項2】 請求項1記載のラジアルアンテナにおいて、

複数の前記調整部材が平面視放射状に配設されていることを特徴とするラジアルアンテナ。

【請求項3】 請求項1記載のラジアルアンテナにおいて、

前記調整部材は、前記第2の導電板の周縁に沿って配設されていることを特徴とするラジアルアンテナ。

【請求項4】 請求項1～3いずれか1項記載のラジアルアンテナにおいて、

前記調整部材の高さは、前記第2の導電板の中心から離れるにしたがって高くなるように設定されていることを特徴とするラジアルアンテナ。

【請求項5】 請求項1～4いずれか1項記載のラジアルアンテナにおいて、

前記スロットは、略矩形形状又は円弧状をしており、前記スロットのスロット長は、前記ラジアル導波路内を伝搬するマイクロ波の波長の $1/3$ に相当する長さよりも短いことを特徴とするラジアルアンテナ。

【請求項6】 被処理体を載置する載置台が内部に配置された気密な処理容器と、前記載置台の上方位置に配設され前記処理容器内にマイクロ波を供給するアンテナ手段とを備えたプラズマ装置において、

前記アンテナ手段は、請求項1～5いずれか1項記載のラジアルアンテナであることを特徴とするプラズマ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ラジアルアンテナ及びそれを用いたプラズマ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造において、酸化膜の形成や半導体層の結晶成長、エッチング、またアッシングなどの処理を行うために、プラズマ装置が多用されている。これらのプラズマ装置の中に、ラジアルアンテナを介してマイクロ波を処理容器内に導入して高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置がある。このマイクロ波プラズマ装置は比較的低い圧力でも安定してプラズマを生成することができるので、用途が広いという特色がある。

【0003】 図7は、このようなマイクロ波プラズマ装置に從來から用いられているラジアルアンテナの一構成例及び電界放射の分布を示す図である。ここで、図7

(a)はラジアルアンテナの放射面を示す概念図、図7(b)は図7(a)におけるVIIb-VIIb'線方向の断面図、図7(c)はラジアルアンテナによる放射電界の分布を示す概念図である。図7(c)において、横軸はラジアルアンテナの中心から径方向への距離であり、縦軸はラジアルアンテナから放射される電界の強度である。また、図8は、図7に示したラジアルアンテナの放射面に形成されるスロットの形状を示す図である。

【0004】 プラズマ装置に從來から用いられているラジアルアンテナ230は、図7(b)に示すように、ラジアル導波路233を形成する互いに平行な2枚の導電板231、232と、これらの導電板231、232の周縁を接続するリング部材234とから構成される。導電板232の中央部には、マイクロ波発生器(図示せず)からのマイクロ波が導入されるマイクロ波導入口235が開口している。また、導電板231には、ラジアル導波路233内を伝搬するマイクロ波を処理容器(図示せず)に放射するためのスロット236が多数形成されている。ラジアル導波路233内の電磁界への影響を考慮するとスロット236の幅 $W2$ は狭いほどよいが、狭すぎると異常放電の原因ともなるので、通常2mm程度に設定される(ラジアル導波路233内におけるマイクロ波の波長を λg とすると、 $W2 \leq \lambda g/4$)。

【0005】 マイクロ波導入口235から導入されたマイクロ波は、ラジアル導波路233の中央部から周縁部に向かって放射状に伝搬してゆく。このときマイクロ波は多数のスロット236から少しずつ放射されてゆくの、ラジアル導波路233内の電力密度は周縁部に近づくにしたがって徐々に低下する。一方、スロット236の電界放射効率は、スロット236の長さすなわちスロット長 $L2$ が0(ゼロ)から長くなるにしたがって徐々に大きくなり、スロット長 $L2$ が $\lambda g/2$ に相当する長さのときに極大となる。

【0006】 このような条件の下で、例えば図7(c)に示すような放射電界分布を得るために、従来はスロット長 $L2$ を調整することで放射電界強度を制御していた。つまり、図7(a)に示すように導電板231の中心から離れるにしたがってスロット長 $L2$ を長くして、電力密度が小さい周縁部におけるスロット長 $L2$ を $\lambda g/2$ に相当する長さに近づけることにより、図7(c)に示すような放射電界分布を実現していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、スロット236の電界放射効率が極大となる $L2 = \lambda g/2$ のときには、マイクロ波の共振が起こり、特にスロット236の幅 $W2$ が2mmと狭い場合には異常放電が誘起される。この放電によってスロット236の周囲が加熱される

と、スロット236の周囲が歪み、あるいは溶け出すという問題があった。本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、異常放電を誘起させることなく、所望の電界放射分布を得られるようにすることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明のラジアルアンテナは、複数のスロットが形成された第1の導電板と、マイクロ波導入口を有し第1の導電板に対向配置された第2の導電板と、第1及び第2の導電板の周縁を接続するリング部材と、第1及び第2の導電板により形成されるラジアル導波路内の第2の導電板上に設けられ第1の導電板までの距離を調整する導電性の調整部材を備えたことを特徴とする。第2の導電板から第1の導電板までの距離を小さくすることにより、第1及び第2の導電板間における電力密度を大きくすることができる。このため第1の導電板に形成されるスロットのスロット長を $\lambda g/2$ に相当する長さよりも十分短くしても、放射電界強度を大きくすることができる。

【0009】ここで、複数の調整部材を平面視放射状に配設してもよいし、1つ又は複数の調整部材を第2の導電板の周縁に沿って配設してもよい。また、導電部材の高さを、第2の導電板の中心から離れるにしたがって高くなるように設定してもよい。これにより、ラジアル導波路内の径方向における電力密度を変えることができる。また、上述したラジアルアンテナでは、スロットを略矩形状又は円弧状とした場合、スロット長を $\lambda g/3$ に相当する長さよりも短くすることが望ましい。これにより、スロットの幅が狭くても、異常放電の誘起を効果的に防止することができる。

【0010】また、本発明のプラズマ装置は、プラズマが生成される容器内にマイクロ波を供給するアンテナ手段として、上述したラジアルアンテナが用いられることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。ここでは、本発明によるラジアルアンテナを用いたプラズマ装置をエッチング装置に適用した場合を例に説明する。

(第1の実施の形態) 図1は、本発明の第1の実施の形態であるエッチング装置の構成図である。この図1では、一部構成について断面構造が示されている。

【0012】図1に示したエッチング装置は、上部が開口した円筒形状の処理容器11を有している。この処理容器11は、アルミニウムなどの導電部材で形成されている。処理容器11の底部には、真空ポンプ(図示せず)に連通する排気口14が設けられており、処理容器11内部を所望の真空度にする事ができる。また、処理容器11の側壁には、処理容器11内にArなどのプ

ラズマガスを導入するためのプラズマガス供給ノズル15と、エッチングガスを導入するための処理ガス供給ノズル16とが上下に設けられている。これらのノズル15、16は石英パイプなどで構成されている。

【0013】処理容器11内には、エッチング対象の基板(被処理体)21が上面に載置される載置台22が収容され、処理容器11の底部に絶縁板24を介して固設された支持台23上に固定されている。この載置台22はまた、マッチングボックス25を介してバイアス用の高周波電源26に接続されている。処理容器11の上部開口には、平板状に成形された誘電板13が水平に配置されている。この誘電板13には、厚さ20~30mm程度の石英ガラス又は(Al_2O_3 又は AlN などの)セラミックなどが用いられる。処理容器11と誘電板13との接合部はOリングなどのシール部材12を介在させており、これにより処理容器11内部の気密性を確保している。

【0014】また、誘電板13上部にはラジアルアンテナ30が放射面(後述する導電板31)を下にして配設されている。このラジアルアンテナ30は、誘電板13を介して処理容器11内にマイクロ波MWを供給するアンテナ手段である。誘電板13は、ラジアルアンテナ30の放射面に対向配置され、この放射面全域を覆うことにより、処理容器11内で生成されるプラズマからラジアルアンテナ30を保護する。また、誘電板13およびラジアルアンテナ30の周囲はシールド材17によって覆われている。

【0015】図2は、ラジアルアンテナ30の構成及び電界放射の分布を示す図である。ここで、図2(a)はラジアルアンテナ30の放射面を示す平面図、図2(b)は図2(a)におけるIIb-IIb'線方向の断面図、図2(c)はラジアルアンテナ30による放射電界の分布を示す概念図である。なお、図2(a)は本発明の特徴が明確になるように概念的に示されている。また、図2(c)において、横軸はラジアルアンテナ30の中心から径方向への距離であり、縦軸はラジアルアンテナ30から放射される電界の強度である。

【0016】ラジアルアンテナ30は、図2(b)に示すように、上記放射面を構成する第1の導電板31と、この導電板31に対して上方位置に対向配置された第2の導電板32と、導電板31、32の周縁を接続するリング部材34とから構成される。リング部材34により、導電板31と導電板32との間隔は d_1 に保持される。このような構成のラジアルアンテナ30は中空円筒形状をしており、2枚の導電板31、32によりマイクロ波MWを導くラジアル導波路33が構成される。導電板31、32及びリング部材34は、銅又はアルミニウムなどの導電体により形成される。

【0017】導電板32の中央部には、マイクロ波MWが導入されるマイクロ波導入口35が開口している。ま

た、放射面を構成する導電板31には、図2(a)に示すように周方向に延びるスロット36が同心円状に多数形成されている。図3は、スロット36の形状の例を示す図である。スロット36の形状は図3(a)に示すような矩形でも、図3(c)に示すような円弧状でもよい。また、図3(a)、(c)に示すスロット36の4つの角を、図3(b)、(d)に示すように丸めてもよい。図3(a)~(d)に示すスロット36において、長め方向の長さすなわちスロット長を $L1$ 、短め方向の長さすなわち幅を $W1$ とする。

【0018】図2(a)に示すように、各スロット36のスロット長 $L1$ は、原則として導電板31の中心から離れるにしたがって長くなる。ただし、径方向において、後述するリッジ37に対向しない領域A1と対向する領域A2との境界の前後で不連続となっている。ラジアル導波路33内におけるマイクロ波MWの波長を λ_g とすると、スロット長 $L1$ を最大でも $\lambda_g/2$ に相当する長さよりも十分短くする。このラジアルアンテナ30では、最大のスロット長 $L1$ を $\lambda_g/3$ とする。

【0019】各スロット36の幅 $W1$ は、ラジアル導波路33内の電磁界への影響などを考慮して、2mm程度に設定される。径方向におけるスロット36間のピッチは λ_g に基づいて設定される。図4(a)に示すような放射型のアンテナを実現する場合には、上記ピッチを λ_g に相当する長さ程度に設定する。また、図4(b)に示すようなリーク型のアンテナを実現する場合には、上記ピッチを $\lambda_g/20 \sim \lambda_g/30$ に相当する長さ程度に設定する。

【0020】図1に示すように、ラジアルアンテナ30の中央部には、同軸線路41が接続されている。この同軸線路41の外部導体41Aは導電板32のマイクロ波導入口35に接続されている。また、同軸線路41の中心導体41Bの先端は円錐状に成形され、この円錐の底部が導電板31の中心に接続されている。このようにラジアルアンテナ30に接続された同軸線路41は、矩形・同軸変換器42及び矩形導波管43を介して、マイクロ波発生器45に接続されている。このマイクロ波発生器45は、例えば2.45GHzのマイクロ波MWを発生するものである。なお、マイクロ波MWの周波数は1GHz~10数GHzの範囲内であればよい。また、矩形導波管43の途中にインピーダンスのマッチングを行うマッチング回路44を設けることにより、電力の使用効率を向上できる。

【0021】また、図2(b)に示すように、ラジアル導波路33内において導電板32の下面に複数のリッジ36が固設されている。これらのリッジ37は、銅又はアルミニウムなどの導電体により形成され、導電板36側からビス止めされている。リッジ37は高さ h が $d1$ より低い四角柱状の部材であり、導電板31の上面までの距離を調整する調整手段として作用する。なお、各リ

ッジ37のエッジのうちラジアル導波路33の中心に最も近いエッジ37Eは、図2(b)に示すように面取りされている。各リッジ37は、図2(a)に示すように、導電板32の中心から所定距離以上離れた放射電界強度を大きくしたい領域A2に、放射状に配設される。このとき、リッジ37はスロット36と対向する領域に配設される。なお、図4(a)、(b)に示すように導電板31の中央部を除く全域にスロット36A、36Bが形成される場合には、各リッジ37は周方向に連続配置される。

【0022】リッジ37が配設されていない領域A1では、ラジアル導波路33の高さは導電板32から導電板31までの距離 $d1$ となる。これに対して、リッジ37が配設されている領域A2では、ラジアル導波路33の高さはリッジ37から導電板31までの距離 $d2 = d1 - h$ ($< d1$)となる。リッジ37を設けることによりラジアル導波路33の高さが低くなった領域A2においては、電力密度が大きくなる。このためリッジ37が設けられている領域A2では、スロット長 $L1$ を $\lambda_g/2$ に相当する長さよりも十分短くしても、放射電界強度を大きくすることができる。

【0023】スロット長 $L1$ を $\lambda_g/2$ に相当する長さよりも十分短くすれば共振が抑えられるので、スロット36の幅 $W1$ が2mmと狭くても、異常放電の誘起を防止することができる。より好ましくは、 $L1 < \lambda_g/3$ とすることにより、異常放電の誘起を効果的に防止することができる。さらに、導電板32の中心からの距離に応じて各スロット36のスロット長 $L1$ を調整して放射電界強度を制御することにより、異常放電の誘起させることなく、例えば図2(c)に示すような電界放射分布を得ることができる。なお、ラジアル導波路33内に、セラミックなどの比誘電率が1より大きい誘電体材料からなる遅延部材を配置するようにしてもよい。この遅延部材を用いることにより、電界放射効率を向上させることができる。

【0024】次に、図1に示したエッチング装置の動作を説明する。基板21を載置台22の上面に載置した状態で、処理容器11内を例えば0.01~10Pa程度の真空度にする。次に、この真空度を維持しつつ、プラズマガス供給ノズル15からプラズマガスとしてArを供給し、処理ガス供給ノズル16から CF_4 などのエッチングガスを流量制御して供給する。処理容器11内にプラズマガス及びエッチングガスが供給された状態で、マイクロ波発生器45からのマイクロ波MWを矩形導波管43、矩形・同軸変換器42及び同軸線路41を介してラジアルアンテナ30に供給する。

【0025】ラジアルアンテナ30に供給されたマイクロ波MWは、導電板31、32により形成されるラジアル導波路33の中央部から周縁部に向かって放射状に伝搬してゆく。このときマイクロ波MWは各スロット36

から少しずつ放射されてゆくので、ラジアル導波路33内を伝搬するマイクロ波MWの電力は周縁部に近づくにしたがって徐々に低下してゆく。しかし、導電板32の中心から所定距離以上離れたリッジ37が配設された領域A2では、ラジアル導波路33の高さが d_1 から d_2 となり、リッジ37の高さ h だけ低くなるので、ラジアル導波路33内の電力密度は従来ほど小さくならない。したがって、スロット長 L_1 が $\lambda g/3$ に相当する長さより短い場合でも、すべてのスロット36から放射されるマイクロ波MWの電界強度は十分大きくなる。その一方、 $L_1 < \lambda g/3$ であるので、スロット36の幅 W_1 が2mmと狭くても、異常放電は誘起されない。このため、従来のように放電によるスロット36の周囲の歪み及び溶解は生じない。

【0026】ラジアルアンテナ30から放射されたマイクロ波MWは、誘電板13を透過して、処理容器11内に導入される。このマイクロ波MWは、処理容器11内に電界を形成してArを電離させることにより、処理対象の基板11の上部空間S1にプラズマを生成する。このエッチング装置では、載置台22に負電位がバイアスされているので、生成されたプラズマからイオンが引き出されて、基板21に対してエッチング処理が行われる。

【0027】なお、図2に示したラジアルアンテナ30では一定の高さ h のリッジ37を用いているが、図5に示すラジアルアンテナ30Aのように、高さが径方向に連続的に変化するリッジ37Aを導電板32の下面に配設して、導電板31と対向する下面が傾斜するようにしてもよい。このとき、ラジアルアンテナ30A内外のインピーダンスマッチングを考慮して、リッジ37Aの傾斜を設計するとよい。

【0028】(第2の実施の形態) 図2に示したラジアルアンテナ30ではリッジ37が放射状に配設されているが、リッジが導電板32の周縁に沿って配設されてもよい。図6は、このようにリッジが配設されたラジアルアンテナの構成図である。ここで、図6(a)はラジアルアンテナの放射面を示す平面図、図6(b)は図6(a)におけるVIb-VIb'線方向の断面図である。なお、図6(a)は本発明の特徴が明確になるように概念的に示されている。また、図6において、図2と同一部分を同一符号をもって示し、適宜その説明を省略する。

【0029】図6に示すように、ラジアル導波路133内における導電板32の下面に、調整手段として作用する3個のリッジ137A、137B、137Cが周縁に沿って固設されている。これらのリッジ137A~137Cは導電板32の周縁に沿う同心円形状をしており、この順に内側から配設されている。また、各リッジ137A、137B、137Cの高さをそれぞれ h_1 、 h_2 、 h_3 とすると、 $h_1 < h_2 < h_3$ となっている。つまり、リッジ137A~137Cの高さは、導電板32

の中心から離れるにしたがって高くなる。したがって、ラジアル導波路133の高さは、ラジアル導波路133の中心から離れるにしたがって低くなる。これにより、ラジアル導波路133内の径方向における電力密度を変えることが可能となる。

【0030】したがって、図2に示したラジアルアンテナ30と同様に、スロット長 L_1 を $\lambda g/2$ に相当する長さよりも十分短い長さ、例えば $\lambda g/3$ に相当する長さよりも短くしても、リッジ137A~137Cを設けることにより、放射電界強度を大きくすることができる。また、スロット36の幅 W_1 が2mmと狭くても、異常放電の誘起を防止することができる。なお、ここでは3個のリッジ137A~137Cが同心円状に配設された例を示したが、リッジの個数は3個には限定されない。また、リッジ137A~137Cの高さ h_1 、 h_2 、 h_3 はそれぞれ一定であるが、図5に示したリッジ37と同様に、高さが径方向に連続的に変化していてもよい。

【0031】以上では本発明によるラジアルアンテナを用いたプラズマ装置をエッチング装置に適用した場合を例に説明したが、例えばプラズマCVD装置などの他のプラズマ装置に適用してもよいことは言うまでもない。また、本発明によるラジアルアンテナの用途は上述したプラズマ装置に限定されるものではない。例えば本発明によるラジアルアンテナを通信用アンテナに使用してもよく、特にアレイアンテナの送受信信号を分配合成する分配合成器に利用してもよい。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のラジアルアンテナでは、ラジアル導波路を形成する第2の導電板から第1の導電板までの距離を調整する調整部材を備える。したがって、従来電力密度が小さくなるラジアル導波路の周縁部分において、ラジアル導波路の高さを低くすることにより電力密度を大きくすることができるので、スロット長を $\lambda g/2$ に相当する長さよりも十分短くしても、放射電界強度を大きくすることができる。したがって、放射電界強度を大きくしたい領域に対応して調整部材を設けることにより、異常放電を誘起させることなく、所望の電界放射分布を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態であるエッチング装置の構成図である。

【図2】 ラジアルアンテナの一構成例及び電界放射の分布を示す図である。

【図3】 図2に示したラジアルアンテナに形成されるスロットの形状を示す図である。

【図4】 放射面を構成する導電板の構成例を示す平面図である。

【図5】 リッジの変形例を示す断面図である。

【図6】 ラジアルアンテナの他の構成例及び電界放射の分布を示す図である。

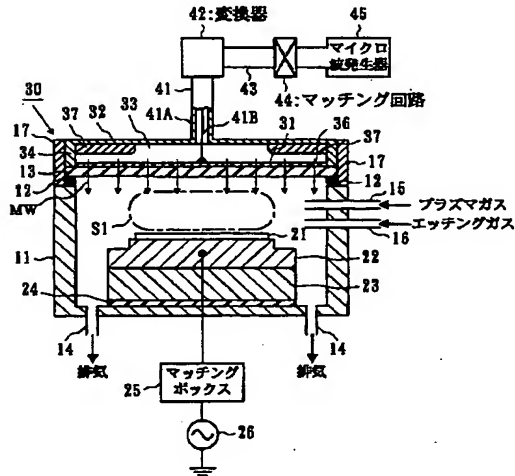
【図7】 マイクロ波プラズマ装置に従来から用いられているラジアルアンテナの一構成例及び電界放射の分布を示す図である。

【図8】 図7に示したラジアルアンテナに形成されるスロットの形状を示す図である。

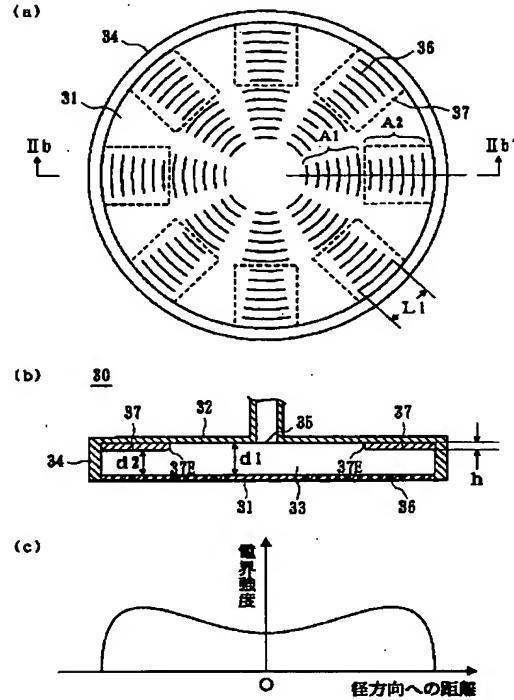
【符号の説明】

11…処理容器、21…被処理体、22…載置台、30, 30A, 130…ラジアルアンテナ、31, 32, 131…導電板、33, 133…ラジアル導波路、37, 37A, 137A~137C…リッジ、36, 136…スロット、L1…スロット長、MW…マイクロ波、h, h1~h3…リッジの高さ。

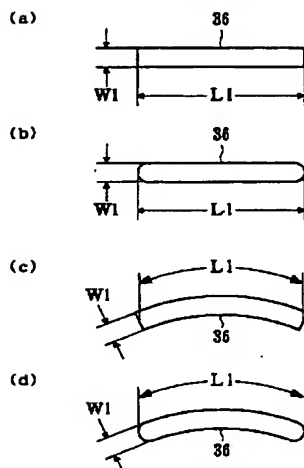
【図1】



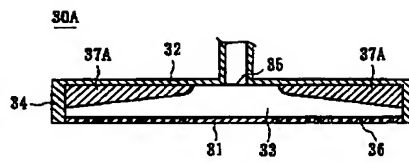
【図2】



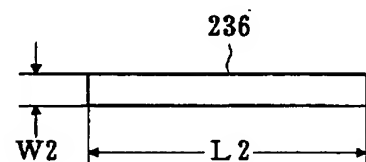
【図3】



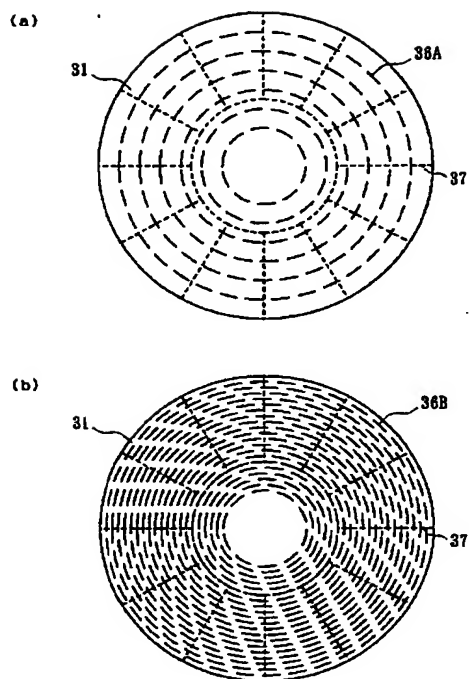
【図5】



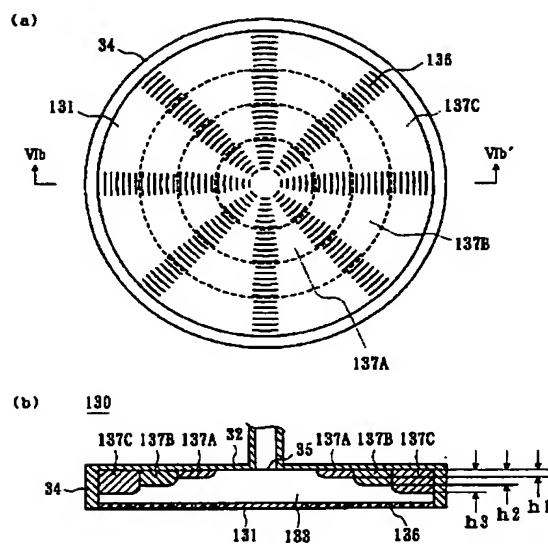
【図8】



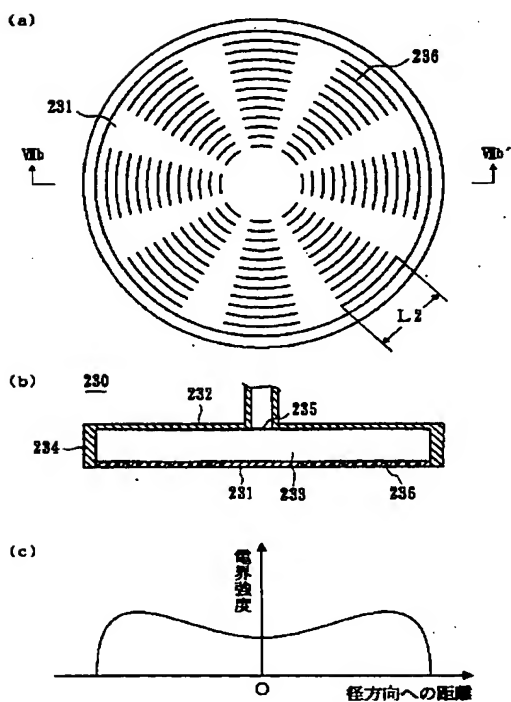
【図4】



【図6】



【図7】



(8) 開2002-50615 (P2002-506JL

フロントページの続き

(72)発明者 篠原 己拔
神奈川県横浜市緑区中山町1119 日本高周
波株式会社内

Fターム(参考) 4G075 AA24 BC01 BC04 BC05 BC06
CA26 CA47 CA65 DA02 EB01
EB41 EC06 EC30 FB02 FC11
FC15
5F004 BA20 BB13 BB14 BB29 BC01
CA06 DA23
5F045 AA09 DP03 EB10 EF05 EH02
EH03 EH04 EH05 EH20

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-050615

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

B01J 19/08

H01L 21/205

H05H 1/46

(21)Application number : 2000-236716

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD
NIHON KOSHUHA CO LTD

(22)Date of filing : 04.08.2000

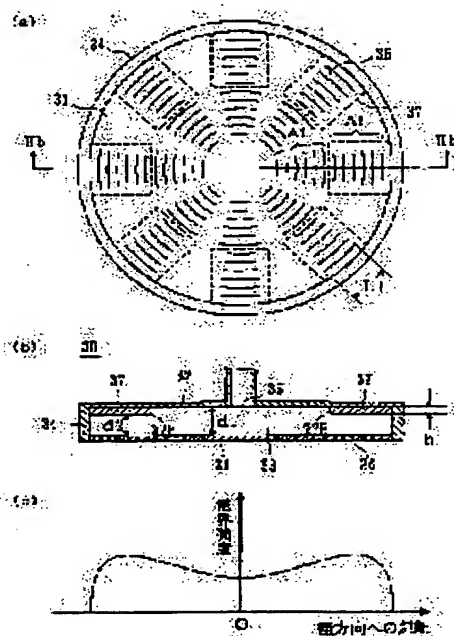
(72)Inventor : ISHII NOBUO
SHINOHARA KIBATSU

(54) RADIAL ANTENNA AND PLASMA DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain desired electric field radiation distribution, without causing induction of abnormal discharges.

SOLUTION: The device is provided with a first conductive plate 31 where a plurality of slots 36 are formed; a second conductive plate 32 having a microwave inlet port 35 and disposed counterposed with respect to the first conductive plate 31; a ring member 34 connecting circumferential edges of the first and second conductive plates 31, 32; and a conductive adjustment member 37, which is provided on the second conductive plate 32 inside a radial wave guide path 33, formed of the first and second conductive plates 31, 32 and adjusts distances d1, d2 to the first conductive plate 31.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JAPANESE [JP,2002-050615,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE
INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st electric conduction board with which two or more slots were formed The 2nd electric conduction board by which has a microwave inlet and opposite arrangement was carried out at said 1st electric conduction board A ring member which connects a periphery of said 1st and 2nd electric conduction boards It is the radial antenna equipped with the above, and it is prepared on the 2nd [in radial waveguide formed with said 1st and 2nd electric conduction boards / said] electric conduction board, and is characterized by having conductive controller material which adjusts distance to said 1st electric conduction board.

[Claim 2] A radial antenna characterized by arranging said two or more controller material in a plane view radial in a radial antenna according to claim 1.

[Claim 3] It is the radial antenna characterized by arranging said controller material along a periphery of said 2nd electric conduction board in a radial antenna according to claim 1.

[Claim 4] It is the radial antenna characterized by being set up so that it may become high as height of said controller material separates from a center of said 2nd electric conduction board in a radial antenna claim 1 - given in 3 any 1 terms.

[Claim 5] It is the radial antenna characterized by slot length of said slot being shorter than length equivalent to one third of wavelength of microwave which spreads the inside of said radial waveguide by said slot carrying out the shape of the shape of an abbreviation rectangle, and a circle in a radial antenna claim 1 - given in 4 any 1 terms.

[Claim 6] It is plasma equipment characterized by for said antenna means to be a radial antenna claim 1 - given in 5 any 1 terms in plasma equipment equipped with an airtight processing container with which an installation base in which a processed object is laid has been arranged inside , and an antenna means are arranged in an upper part location of said installation base , and supply microwave in said processing container .

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the plasma equipment which used a radial antenna and it.

[0002]

[Description of the Prior Art] In manufacture of a semiconductor device, in order to process formation of an oxide film, crystal growth of a semiconductor layer, etching, ashing, etc., plasma equipment is used abundantly. There is microwave plasma equipment which introduces microwave in a processing container through a radial antenna, and is made to generate the high density plasma in these plasma equipments. Since this microwave plasma equipment is stabilized also by the comparatively low pressure and the plasma can be generated, there is the special feature that a use is large.

[0003] Drawing 7 is drawing showing distribution of the example of 1 configuration of the radial antenna used for such microwave plasma equipment from the former, and field emission. Here, the conceptual diagram in which drawing 7 (a) shows the radial plane of a radial antenna, the cross section of the direction [in / in drawing 7 (b) / drawing 7 (a)] of a VIIb-VIIb' line, and drawing 7 (c) are the conceptual diagrams showing distribution of the radiation field by the radial antenna. In drawing 7 (c), a horizontal axis is the distance from the center of a radial antenna to the direction of a path, and an axis of ordinate is the reinforcement of the electric field emitted from a radial antenna. Moreover, drawing 8 is drawing showing the configuration of the slot formed in the radial plane of the radial antenna shown in drawing 7.

[0004] The radial antenna 230 used for plasma equipment from the former consists of ring members 234 which form the radial waveguide 233 and which connect the periphery of these electric conduction boards 231,232 with two parallel electric conduction boards 231,232 mutually, as shown in drawing 7 (b). The microwave inlet 235 where the microwave from a microwave generator (not shown) is introduced is carrying out the opening to the center section of the electric conduction board 232. Moreover, many slots 236 for emitting the microwave which spreads the inside of the radial waveguide 233 to a processing container (not shown) are formed in the electric conduction board 231. When the effect of the electromagnetic field on [in the radial waveguide 233] is taken into consideration, the width of face W2 of a slot 236 is so good that it is narrow, but since it will also become the cause of abnormality discharge if too narrow, it is usually set as about 2mm (when wavelength of the microwave in the radial waveguide 233 is set to λ , it is $W2 \leq \lambda/4$).

[0005] The introduced microwave is spread from the center section of the radial waveguide 233 from the microwave inlet 235 to a radial toward the periphery section. Since microwave is emitted little by little from many slots 236 at this time, the power flux density in the radial waveguide 233 declines gradually as it approaches the periphery section. On the other hand, the field emission effectiveness of a slot 236 becomes large gradually as it becomes long from 0 (zero), the length L2, i.e., the slot length, of a slot 236, and it serves as the maximum at the time of the length by which the slot length L2 is equivalent to $\lambda/2$.

[0006] In order to acquire radiation field distribution as shown in drawing 7 (c) under such

conditions, radiation field strength was controlled by adjusting the slot length L_2 conventionally. That is, when the slot length L_2 was lengthened as are shown in drawing 7 (a) and it separates from the center of the electric conduction board 231, and power flux density brought the slot length L_2 in the small periphery section close to the length equivalent to $\lambda/2$, radiation field distribution as shown in drawing 7 (c) was realized.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when it is $L_2 = \lambda/2$ from which the field emission effectiveness of a slot 236 serves as the maximum, resonance of microwave takes place, and when especially the width of face W_2 of a slot 236 is as narrow as 2mm, induction of the abnormality discharge is carried out. When the perimeter of a slot 236 was heated by this discharge, distortion or the problem of beginning to melt had the perimeter of a slot 236. It is made in order that this invention may solve such a technical problem, and the purpose is in enabling it to acquire desired field emission distribution, without carrying out induction of the abnormality discharge.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such a purpose, a radial antenna of this invention The 1st electric conduction board in which two or more slots were formed, and the 2nd electric conduction board by which has a microwave inlet and opposite arrangement was carried out at the 1st electric conduction board, It is characterized by having conductive controller material which is prepared on the 2nd [in radial waveguide formed with a ring member which connects a periphery of the 1st and 2nd electric conduction boards, and the 1st and 2nd electric conduction boards] electric conduction board, and adjusts distance to the 1st electric conduction board. By making small distance from the 2nd electric conduction board to the 1st electric conduction board, power flux density between the 1st and 2nd electric conduction boards can be enlarged. For this reason, even if it makes sufficiently shorter than length equivalent to $\lambda/2$ slot length of a slot formed in the 1st electric conduction board, radiation field strength can be enlarged.

[0009] Here, two or more controller material may be arranged in a plane view radial, and one or more controller material may be arranged along a periphery of the 2nd electric conduction board. Moreover, height of a conductive member may be set up so that it may become high, as it separates from a center of the 2nd electric conduction board. Thereby, power flux density in the direction of a path in radial waveguide is changeable. Moreover, it is desirable to make a slot shorter than length which is equivalent to $\lambda/3$ in slot length, when circular, the shape of an abbreviation rectangle and with a radial antenna mentioned above. Thereby, even if width of face of a slot is narrow, induction of abnormality discharge can be prevented effectively.

[0010] Moreover, plasma equipment of this invention is characterized by using a radial antenna mentioned above as an antenna means to supply microwave in a container with which plasma is generated.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to details with reference to a drawing. Here, the case where the plasma equipment using the radial antenna by this invention is applied to an etching system is explained to an example.

(Gestalt of the 1st operation) Drawing 1 is the block diagram of the etching system which is the gestalt of operation of the 1st of this invention. Cross-section structure is shown in part about the configuration by this drawing 1.

[0012] The etching system shown in drawing 1 has the processing container 11 of the shape of a cylindrical shape in which the upper part carried out the opening. This processing container 11 is formed by conductive members, such as aluminum. The exhaust port 14 which is open for free passage to a vacuum pump (not shown) is established in the pars basilaris ossis occipitalis of the processing container 11, and the processing container 11 interior can be made into a desired degree of vacuum. Moreover, the plasma gas supply nozzle 15 for introducing plasma gas, such as Ar, in the processing container 11 and the raw gas supply nozzle 16 for introducing etching gas are formed in the side wall of the processing container 11 up and down. These nozzles 15 and 16 consist of quartz pipes etc.

[0013] In the processing container 11, the installation base 22 where the substrate 21 for etching (processed object) is laid in the upper surface is held, and it is fixed on the susceptor 23 fixed to the pars basilaris ossis occipitalis of the processing container 11 through the electric insulating plate 24. This installation base 22 is connected to RF generator 26 for bias through the matching box 25 again. The dielectric board 13 fabricated by plate-like is arranged horizontally at the up opening of the processing container 11. Quartz glass (aluminum 2O3 or AlN) or a ceramic with a thickness of about 20–30mm etc. is used for this dielectric board 13. The joint of the processing container 11 and the dielectric board 13 was making the seal members 12, such as an O ring, intervene, and, thereby, has secured the airtightness of the processing container 11 interior.

[0014] Moreover, the radial antenna 30 turns down a radial plane (electric conduction board 31 mentioned later), and is arranged in the dielectric board 13 upper part. This radial antenna 30 is an antenna means to supply microwave MW in the processing container 11 through the dielectric board 13. Opposite arrangement is carried out at the radial plane of the radial antenna 30, and the dielectric board 13 protects the radial antenna 30 from the plasma generated within the processing container 11 by covering this radial plane whole region. Moreover, the perimeter of the dielectric board 13 and the radial antenna 30 is covered with the shield material 17.

[0015] Drawing 2 is drawing showing the configuration of the radial antenna 30, and distribution of field emission. Here, the plan in which drawing 2 (a) shows the radial plane of the radial antenna 30, the cross section of the direction [in / in drawing 2 (b) / drawing 2 (a)] of an IIb–IIb' line, and drawing 2 (c) are the conceptual diagrams showing distribution of the radiation field by the radial antenna 30. In addition, drawing 2 (a) is notionally shown that the feature of this invention becomes clear. Moreover, in drawing 2 (c), a horizontal axis is the distance from the center of the radial antenna 30 to the direction of a path, and an axis of ordinate is the reinforcement of the electric field emitted from the radial antenna 30.

[0016] The radial antenna 30 consists of ring members 34 which connect the periphery of the 2nd electric conduction board 32 by which opposite arrangement was carried out in the upper part location, and the electric conduction boards 31 and 32 to the 1st electric conduction board 31 and this electric conduction board 31 which constitutes the above-mentioned radial plane, as shown in drawing 2 (b). By the ring member 34, the gap of the electric conduction board 31 and the electric conduction board 32 is held d1. The radial antenna 30 of such a configuration is carrying out the hollow cylinder configuration, and the radial waveguide 33 which draws microwave MW with two electric conduction boards 31 and 32 is constituted. The electric conduction boards 31 and 32 and the ring member 34 are formed with conductors, such as copper or aluminum.

[0017] The microwave inlet 35 where microwave MW is introduced is carrying out the opening to the center section of the electric conduction board 32. Moreover, many slots 36 prolonged in a hoop direction as shown in the electric conduction board 31 which constitutes a radial plane at drawing 2 (a) are formed in the shape of a concentric circle. Drawing 3 is drawing showing the example of the configuration of a slot 36. as [show / the configuration of a slot 36 / to drawing 3 (c) / the shape of a rectangle as shown in drawing 3 (a)] — being circular. Moreover, four angles of the slot 36 shown in drawing 3 (a) and (c) may be rounded off as shown in drawing 3 (b) and (d). Drawing 3 (a) In the slot 36 shown in – (d), L1 and shorter lay length, i.e., width of face, are set to W1 for longer lay length, i.e., slot length.

[0018] As shown in drawing 2 (a), the slot length L1 of each slot 36 becomes long as it separates from the center of the electric conduction board 31 in principle. However, in the direction of a path, it is discontinuity before and behind the boundary of the field A1 which does not counter the ridge 37 mentioned later, and the field A2 which counters. If wavelength of the microwave MW in the radial waveguide 33 is set to λ_{dag} , the slot length L1 will be made sufficiently shorter than the length which is equivalent to $\lambda_{\text{dag}}/2$ at the maximum. The greatest slot length L1 is set to $\lambda_{\text{dag}}/3$ with this radial antenna 30.

[0019] The width of face W1 of each slot 36 is set as about 2mm in consideration of the effect of the electromagnetic field on [in the radial waveguide 33] etc. The pitch between the slots 36 in the direction of a path is λ_{dag} . It is based and set up. When realizing the antenna of a

radiation mold as shown in drawing 4 (a), it is λ about the above-mentioned pitch. It is set as a corresponding length degree. Moreover, in realizing the antenna of a leak mold as shown in drawing 4 (b), it sets the above-mentioned pitch as the length degree equivalent to $\lambda/20$ – $\lambda/30$.

[0020] As shown in drawing 1, the coaxial track 41 is connected to the center section of the radial antenna 30. outer-conductor 41A of this coaxial track 41 — a conductor — it connects with the microwave inlet 35 of a board 32. moreover, the tip of central conductor 41B of a coaxial track 41 is fabricated in the shape of a cone — having — the pars basilaris ossis occipitalis of this cone — a conductor — it connects with the center of a board 31. Thus, the coaxial track 41 connected to the radial antenna 30 is connected to the microwave generator 45 through a rectangle, the coaxial converter 42, and rectangular waveguide 43. This microwave generator 45 generates the 2.45GHz microwave MW. In addition, the frequency of microwave MW should just be within the limits of 1GHz – about tenGHz. Moreover, the utilization ratio of power can be improved by forming the matching circuit 44 which matches an impedance in the middle of rectangular waveguide 43.

[0021] Moreover, as shown in drawing 2 (b), two or more ridges 36 are fixed to the inferior surface of tongue of the electric conduction board 32 in the radial waveguide 33. These ridges 37 are formed with conductors, such as copper or aluminum, and the bis-stop is carried out from the electric conduction board 36 side. Height h is the member of the shape of the square pole lower than d1, and a ridge 37 acts as an adjustment means to adjust the distance to the upper surface of the electric conduction board 31. In addition, among the edges of each ridge 37, edge 37E nearest to the center of the radial waveguide 33 is beveled, as shown in drawing 2 (b). Each ridge 37 is arranged in the field A2 which wants to enlarge radiation field strength separated from the center of the electric conduction board 32 beyond predetermined distance by the radial as shown in drawing 2 (a). A ridge 37 is arranged in a slot 36 and the field which counters at this time. In addition, as shown in drawing 4 (a) and (b), when Slots 36A and 36B are formed throughout removing the center section of the electric conduction board 31, continuation arrangement of each ridge 37 is carried out in a hoop direction.

[0022] In the field A1 in which the ridge 37 is not arranged, the height of the radial waveguide 33 serves as the distance d1 from the electric conduction board 32 to the electric conduction board 31. On the other hand, in the field A2 in which the ridge 37 is arranged, the height of the radial waveguide 33 becomes distance $d2=d1-h$ ($<d1$) from the ridge 37 to the electric conduction board 31. In the field A2 to which the height of the radial waveguide 33 became low, power flux density becomes large by forming a ridge 37. For this reason, in the field A2 in which the ridge 37 is formed, even if it makes the slot length L1 sufficiently shorter than the length equivalent to $\lambda/2$, radiation field strength can be enlarged.

[0023] Since resonance will be suppressed if the slot length L1 is made sufficiently shorter than the length equivalent to $\lambda/2$, even if the width of face W1 of a slot 36 is as narrow as 2mm, the induction of abnormality discharge can be prevented. The induction of abnormality discharge can be more preferably prevented effectively by being referred to as $L1 < \lambda/3$. Furthermore, field emission distribution as shown, for example in drawing 2 (c) can be acquired, without abnormality discharge carrying out induction by adjusting the slot length L1 of each slot 36 according to the distance from the center of the electric conduction board 32, and controlling radiation field strength. In addition, you may make it arrange the delay member to which specific inductive capacity, such as a ceramic, consists of larger dielectric materials than 1 in the radial waveguide 33. Field emission effectiveness can be raised by using this delay member.

[0024] Next, the actuation of an etching system shown in drawing 1 is explained. Where a substrate 21 is laid in the upper surface of the installation base 22, the inside of the processing container 11 is made into the degree of vacuum of about 0.01–10Pa. next — while maintaining this degree of vacuum — as the plasma gas from the plasma gas supply nozzle 15 — Ar — supplying — the raw gas supply nozzle 16 to CF4 etc. — control of flow of the etching gas is carried out, and it is supplied. Where plasma gas and etching gas are supplied in the processing container 11, the microwave MW from the microwave generator 45 is supplied to the radial antenna 30 through rectangular waveguide 43, a rectangle and a coaxial converter 42, and a

coaxial track 41.

[0025] The microwave MW supplied to the radial antenna 30 is spread to a radial toward the periphery section from the center section of the radial waveguide 33 formed with the electric conduction boards 31 and 32. Since microwave MW is emitted little by little from each slot 36 at this time, the power of the microwave MW which spreads the inside of the radial waveguide 33 declines gradually as it approaches the periphery section. However, in the field A2 in which the ridge 37 separated from the center of the electric conduction board 32 beyond predetermined distance was arranged, since the height of the radial waveguide 33 is set to d_1 to d_2 and only height [of a ridge 37] h becomes low, the power flux density in the radial waveguide 33 does not become small conventionally. Therefore, even when the slot length L_1 is shorter than the length equivalent to $\lambda/3$, the field strength of the microwave MW emitted from all the slots 36 becomes sufficiently large. Since it is $L_1 < \lambda$ [one of these, and] $/3$, even if the width of face W_1 of a slot 36 is narrow, as for abnormality discharge, induction of it is not carried out to 2mm. For this reason, the distortion and dissolution around a slot 36 by discharge are not produced like before.

[0026] The microwave MW emitted from the radial antenna 30 penetrates the dielectric board 13, and is introduced in the processing container 11. This microwave MW generates the plasma to the up space S_1 of the substrate 11 of a processing object by forming electric field in the processing container 11, and making Ar ionize. In this etching system, since bias of the negative potential is carried out to the installation base 22, ion is pulled out from the generated plasma and etching processing is performed to a substrate 21.

[0027] in addition, radial antenna 30A shown in drawing 5 although the ridge 37 of fixed height h is used with the radial antenna 30 shown in drawing 2 — height arranges in the inferior surface of tongue of the electric conduction board 32 ridge 37A which changes in the direction of a path continuously, and you may make it the electric conduction board 31 and the inferior surface of tongue which counters incline like At this time, it is good to design the inclination of ridge 37A in consideration of impedance matching of the inside and outside of radial antenna 30A.

[0028] (Gestalt of the 2nd operation) Although the ridge 37 is arranged in the radial with the radial antenna 30 shown in drawing 2, a ridge may be arranged along the periphery of the electric conduction board 32. Drawing 6 is the block diagram of the radial antenna with which the ridge was arranged in this way. Here, the plan in which drawing 6 (a) shows the radial plane of a radial antenna, and drawing 6 (b) are the cross sections of the direction of a V_{1b} – V_{1b}' line in drawing 6 (a). In addition, drawing 6 (a) is notionally shown that the feature of this invention becomes clear. Moreover, in drawing 6, the same portion as drawing 2 is shown with the same sign, and the explanation is omitted suitably.

[0029] As shown in drawing 6, three ridges 137A, 137B, and 137C which act as an adjustment means are fixed to the inferior surface of tongue of the electric conduction board 32 in the radial waveguide 133 along the periphery. These ridges 137A–137C are carrying out the concentric circle configuration along the periphery of the electric conduction board 32, and are arranged in this order from the inside. Moreover, if the height of each ridges 137A, 137B, and 137C is set to h_1 , h_2 , and h_3 , respectively, it is $h_1 < h_2 < h_3$. That is, the height of Ridges 137A–137C becomes high as it separates from the center of the electric conduction board 32. Therefore, the height of the radial waveguide 133 becomes low as it separates from the center of the radial waveguide 133. This becomes possible to change the power flux density in the direction of a path in the radial waveguide 133.

[0030] Therefore, even if it makes the slot length L_1 shorter than length sufficiently shorter than the length equivalent to $\lambda/2$, for example, the length equivalent to $\lambda/3$, like the radial antenna 30 shown in drawing 2, radiation field strength can be enlarged by forming Ridges 137A–137C. Moreover, even if the width of face W_1 of a slot 36 is as narrow as 2mm, the induction of abnormality discharge can be prevented. In addition, although the example in which three ridges 137A–137C were arranged in the shape of a concentric circle here was shown, the number of a ridge is not limited to three pieces. Moreover, although the height h_1 , h_2 , and h_3 of Ridges 137A–137C is fixed respectively, height may be changing in the direction of a path continuously like the ridge 37 shown in drawing 5.

[0031] Although the case where the plasma equipment using the radial antenna by this invention was applied to an etching system was explained to the example above, it cannot be overemphasized that you may apply, for example to other plasma equipments, such as plasma-CVD equipment. Moreover, the use of the radial antenna by this invention is not limited to the plasma equipment mentioned above. For example, the radial antenna by this invention may be used for a communications aerial, and especially the transceiver signal of array antennas may be used for the distribution composition machine which carries out distribution composition.

[0032]

[Effect of the Invention] As explained above, with the radial antenna of this invention, it has the controller material which adjusts the distance from the 2nd electric conduction board which forms radial waveguide to the 1st electric conduction board. Therefore, since power flux density can be enlarged when power flux density makes the height of radial waveguide low in the periphery portion of radial waveguide which becomes small conventionally, even if it makes slot length sufficiently shorter than the length equivalent to $\lambda/2$, radiation field strength can be enlarged. Therefore, desired field emission distribution can be acquired, without carrying out induction of the abnormality discharge by preparing controller material corresponding to the field which wants to enlarge radiation field strength.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the etching system which is the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing distribution of the example of 1 configuration of a radial antenna, and field emission.

[Drawing 3] It is drawing showing the configuration of the slot formed in the radial antenna shown in drawing 2 .

[Drawing 4] It is the plan showing the example of a configuration of the electric conduction board which constitutes a radial plane.

[Drawing 5] It is the cross section showing the modification of a ridge.

[Drawing 6] It is drawing showing other examples of a configuration of a radial antenna, and distribution of field emission.

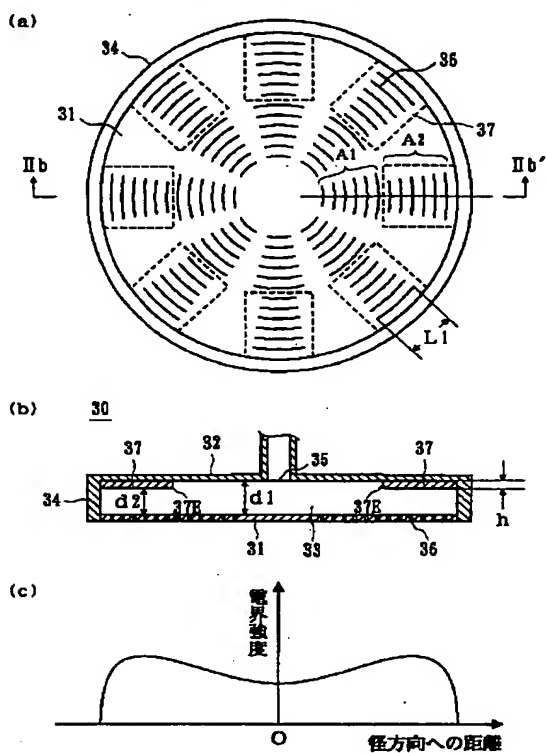
[Drawing 7] It is drawing showing distribution of the example of 1 configuration of the radial antenna used for microwave plasma equipment from the former, and field emission.

[Drawing 8] It is drawing showing the configuration of the slot formed in the radial antenna shown in drawing 7 .

[Description of Notations]

11 [— 31 A radial antenna, 32,131 / — An electric conduction board, 33,133 / — Radial waveguide, 37, 37A, 137A-137C / — A ridge, 36,136 / — A slot, L1 / — Slot length, MW / — Microwave, h, h1-h3 / — Height of a ridge.] — A processing container, 21 — A processed object, 22 — An installation base, 30, 30A, 130

[Translation done.]



[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

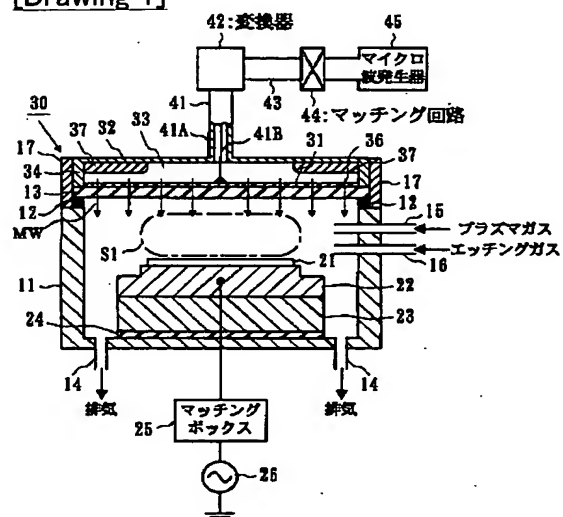
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

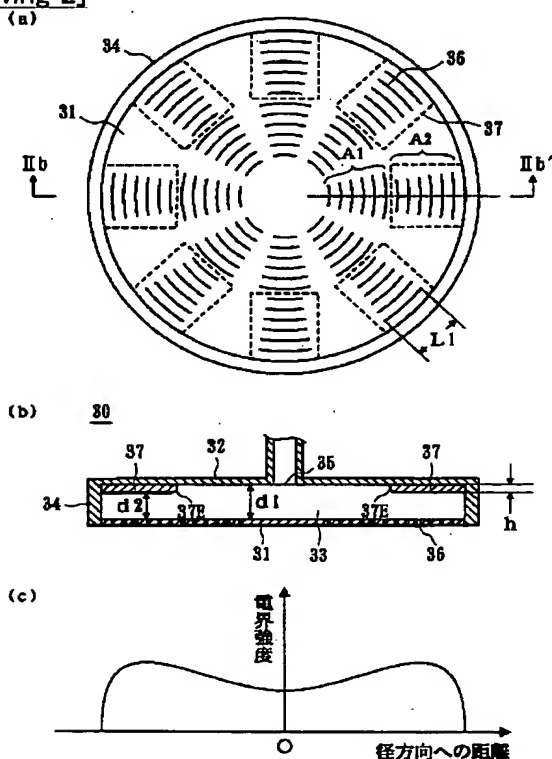
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

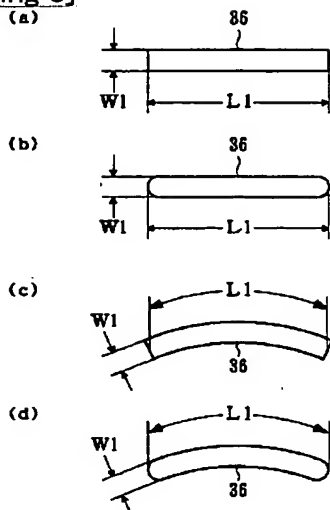
[Drawing 1]



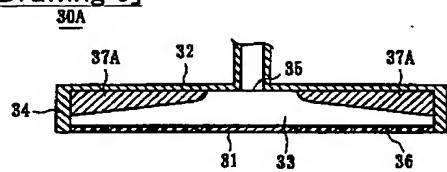
[Drawing 2]



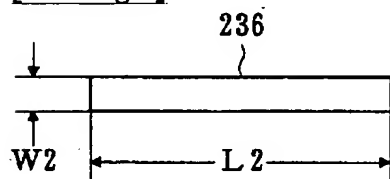
[Drawing 3]



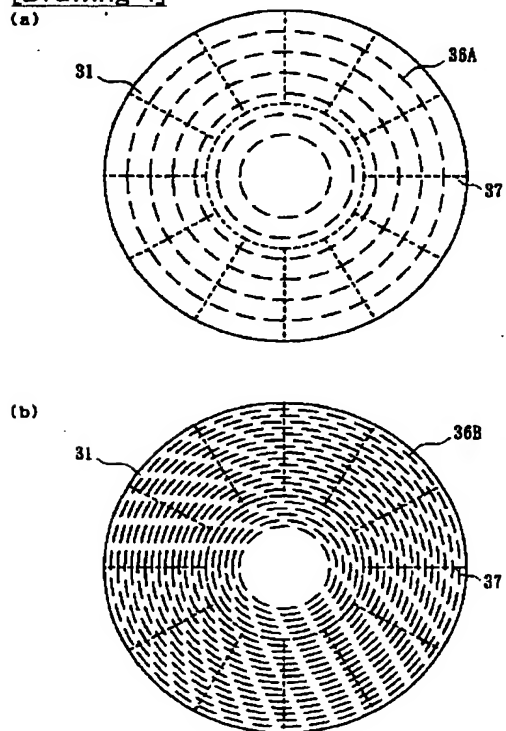
[Drawing 5]



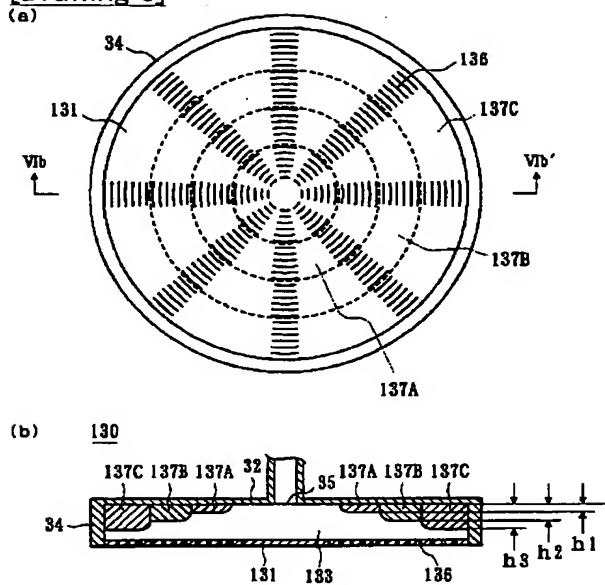
[Drawing 8]



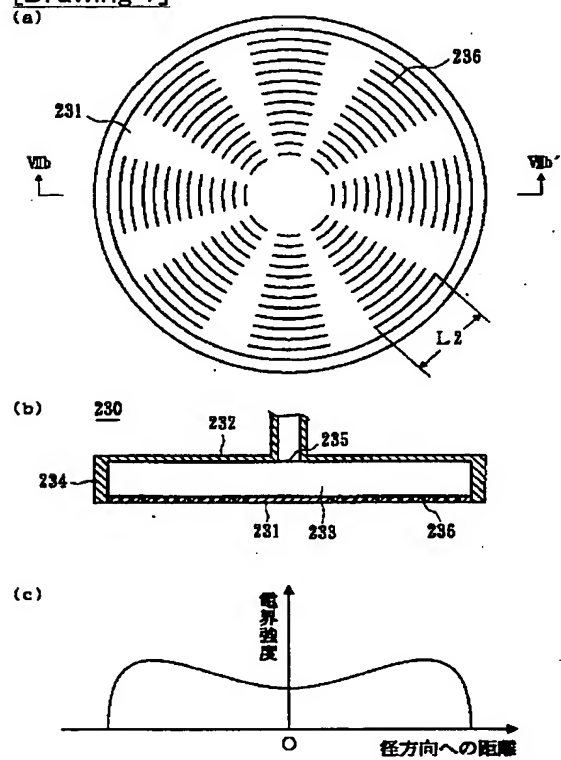
[Drawing 4]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]